



УДК 616-072.7+612.388+616.37-002



СТЕПАНОВ Ю.М., ГРАВИРОВСКАЯ Н.Г.

ГУ «Институт гастроэнтерологии НАМН Украины», г. Днепропетровск

ПЕРВЫЕ ИТОГИ ПРИМЕНЕНИЯ СДВИГОВОЛНОВОЙ ТРАНЗИТОРНОЙ ЭЛАСТОМЕТРИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СОСТОЯНИЯ ПАРЕНХИМЫ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ (обзор литературы и собственные исследования)

Резюме. Эластометрия является быстро развивающимся методом диагностики и позволяет выявлять и дифференцировать очаговые образования различного происхождения, а также стадировать фиброзную трансформацию печени, о чем свидетельствует множество исследовательских работ. Метод прочно вошел в практику гастроэнтерологии. Появление аппаратов нового поколения с функцией ARFI (VTQ) и SWEI позволило ученым начать транзитное исследование жесткости паренхимы поджелудочной железы. Однако работ этих пока немного, существует необходимость стандартизации техники выполнения исследования и его результатов при различных заболеваниях. Аппарат UltimaPAExpert® («Радмир», Украина) с функцией SWEI позволяет при применении определенных технических приемов провести транзитную эластометрию (эластографию) поджелудочной железы с целью определения жесткости ее паренхимы в норме и при диффузной патологии. Показатели жесткости, получаемые на аппарате UltimaPAExpert® («Радмир», Украина), представлены в кПа и одновременно в м/с, что делает эти данные сопоставимыми с показателями, полученными другими исследователями на аппаратах, имеющих только одну измерительную функцию. У практически здоровых лиц получен показатель жесткости паренхимы поджелудочной железы ($4,86 \pm 0,05$ кПа, ($1,33 \pm 0,05$) м/с. При хроническом панкреатите этот показатель равен ($6,48 \pm 0,8$) кПа, ($1,52 \pm 0,17$) м/с. Полученные данные позволяют определять тактику лечения, а также его эффективность, опираясь на показатели жесткости.

Последние десятилетия ознаменовались поиском новых, неинвазивных методов определения состояния тканей человеческого организма, позволяющих выявить даже незначительные изменения в структуре и функции органов на доклиническом этапе, следствием чего стало широкое внедрение в клиническую практику современных инструментальных методов, в том числе усовершенствованной ультразвуковой диагностики. Одним из самых последних достижений медицинской науки и техники явилась разработка приборов и модулей для ультразвуковых аппаратов для проведения эластометрии или эластографии — метода, позволяющего опосредованно определить жесткость или упругость тканей. Появлению подобных аппаратов способствовали широкая распространенность диффузных пора-

жений печени и необходимость стадирования процесса фибротизации паренхимы печени (рис. 1).

Пионером изучения жесткости паренхимы печени является Fibroscan® (Echosence, Франция). Разработчиками впервые показана прямая корреляция жесткости паренхимы и стадий фиброза печени по шкале METAVIR, что подтверждено многочисленными исследованиями и метаанализами и позволило транзитной эластометрии стать одним из ведущих и признанных инструментальных методов в Европе. Принцип метода заключается в возможности изучения

© Степанов Ю.М., Гравировская Н.Г., 2015

© «Гастроэнтерология», 2015

© Заславский А.Ю., 2015

жесткости паренхимы печени путем определения скорости распространения в ней волны упругого сдвига, порожденной механическим толчком [1, 2]. Ключевым ограничением транзиторной эластографии в клинической практике стал высокий уровень (в 20 % случаев) результатов, которые не поддаются интерпретации. Кроме того, метод не позволяет визуализировать зону изучения, что снижает достоверность результатов у конкретного пациента [3].

Компрессионная (статическая или стрейновая) эластография использует датчик-индуцированные или собственные (т.е. дыхательные или сердечные) смещения для создания изображений цветового картирования жесткости на срезе органа. Поскольку сила деформации (stress) в этом методе неизвестна, то возможна лишь качественная, относительная, но не количественная оценка жесткости ткани [4–9].

Сдвиговолновая эластография в режиме реального времени стала новым методом для оценки состояния паренхиматозных органов, который основывается на количественном измерении жесткости ткани [1, 9, 10]. В основе метода сдвиговолновой эластографии лежит свойство УЗ-луча возбуждать поперечные направлению его распространения механические сдвиговые волны. Скорость их пробега через ткань зависит от ее жесткости или вязко-эластических свойств. Пространство охвата тканей зондирующим УЗ-лучом зависит от формирования с помощью нескольких фокусов возбуждения сдвиговой волны так называемого конуса Маха [11]. Семейство приборов, с помощью которых используют метод сдвиговой волны в ультразвуковой эластографии и эластографии паренхимы печени, представлено на текущий момент тремя производителями: Aixplorer® (Supersonic Imaging S.A., Aixen-Provence, Франция), Ultima PA Expert® («Радмир», Украина), Acuson S3000® (Siemens, Германия), а так-

же аналогичный метод боковой волны — Epiq® (Philips, Голландия). Фирма Supersonic Imaging предложила для этого метода термин Real-Time Shear Wave Elastography™ Imaging (SWEI). При SWEI используются так называемые толкающие ультразвуковые волны с запатентованной технологией и названием Sonic Touch. Для измерения индуцированной силы используют индекс Юнга в кПа или м/с. Жесткость тканей изображается цветом: синий — для более мягких и красный — для более жестких, что обратно пропорционально изображению от ЕРВ: шкала изображений связана со значением в диапазоне от 0 до 600 кПа. Таким образом, данная технология позволяет количественно отразить эластичность ткани в кПа или м/с.

Для метода ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) (Siemens) обычно используются кратковременные ультразвуковые импульсы, которые механически деформируют ткани, генерируя их локальное смещение. Учитывая амплитуду смещения в различных направлениях, можно вычислить скорость волн сдвига, при этом распространение волн сдвига пропорционально квадратному корню эластичности тканей. Чем жестче ткань, тем быстрее распространяется поперечная волна. Полученные результаты выражаются в м/с. Эта методика может применяться с помощью дополнительного модуля в обычных устройствах для УЗИ, где используется линейный датчик. Измерение жесткости ткани не кодируется в цветное изображение в отличие от других методик. Существует два метода ARFI: качественный (Virtual Touch Tissue Imaging (VTI) в оттенках серого) и количественный (Virtual Touch Tissue Quantification (VTQ)) методы диагностики жесткости тканей.

Количество исследований, проведенных с применением подобных приборов, пока невелико. Однако уже на настоящем этапе исследователи определились, что метод стрейновой, или компрессионной, эластографии наиболее эффективен для диагностики и раннего выявления опухо-

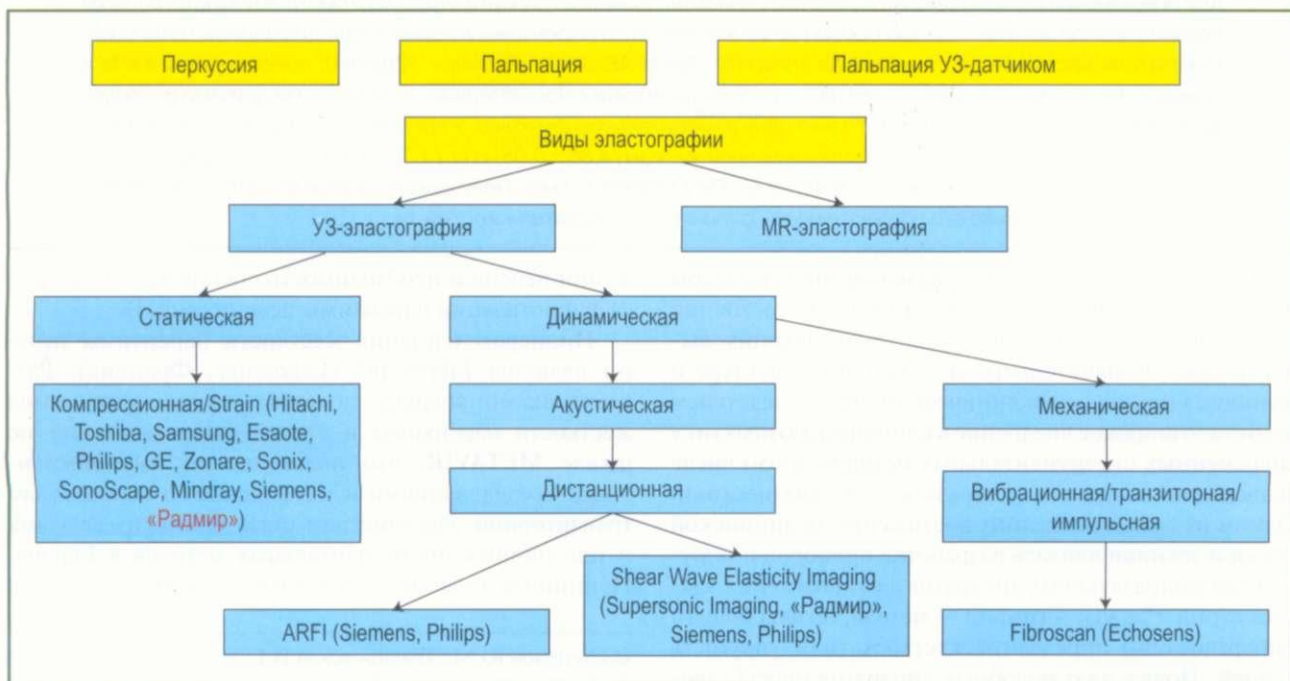


Рисунок 1 — Основные виды эластографии [4]

лей, особливо в поверхностно розположених органах — шитовидній залозі, молочних залозах, органах малого таза, печінці. Що стосується кількісного визначення жорсткості тканин печінки і других органів з метою визначення ступеня фіброзної трансформації, активного запалювального процесу, диференціації об'ємних образів з достатньо високою ступенем достовірності, то тут більш ефективним є метод сдвигової еластометрії/еластографії. В зарубіжних роботах на даному етапі частіше зустрічаються дослідження, проведені за допомогою апаратів з функцією ARFI (VTQ) [12–17].

Більшу проблему для клініцистів становить ультразвукова діагностика панкреатитів, як хронічних, так і гострих. Ультразвукова картина підшлункової залози (ПЗ) при її склерозі, фіброзі, стеатозі дуже схожа, а диференціація цих станів з допомогою неінвазивних методів, в т.ч. еластометрії, необхідна для визначення тактики ведення хворого. Крім того, еластометрія дає можливість достовірно визначати динаміку стану ПЗ в процесі лікування. Існує багато методів візуалізації запалювального захворювання ПЗ: комп'ютерна томографія з контрастним посиленням, магнітно-резонансна томографія, секретин-магнітно-резонансна холангіопанкреатографія, ультразвукове дослідження в В-режимі і ендоскопічна ретроградна холангіопанкреатографія. Всі вищеперелічені методи мають різну чутливість і специфічність і визначені недоліки [10, 18–23]. В даний час отримують все більше поширення ендосонарографія, надає широкі можливості тонкої візуалізації ПЗ, усуваючи пацієнт-залежні фактори, що не завжди доступні при трансабдомінальному ультразвуковому дослідженні і взагалі недоступні при транзитній еластометрії. Введення функції компресійної еластографії в такі апарати дозволяє з високою точністю виявляти і диференціювати фокальні образи ПЗ [10, 19, 20, 24, 25].

В роботах, опублікованих в останні роки, представлена кількісна характеристика жорсткості паренхіми ПЗ. Так, в роботі Е.В. Феоктистової з соавт. наведені показники швидкості сдвигової хвилі, отримані у здорових дітей 10–16 років: медіана — 1,14 м/с, інтерквартильний розмах — 0,94–1,18, мінімальне і максимальне значення — 0,80–1,39 м/с (функція ARFI) [26]. М.А. Матеєн з соавт. отримали значення цього показника в наступних межах: від 0,80–2,21 м/с при середній величині ($1,28 \pm 0,29$) м/с у здорових осіб, від 0,65–1,74 м/с при середній величині ($1,24 \pm 0,23$) м/с при хронічному панкреатиті (ХП), т.е. значимого розбіжності при ХП і в контролі не отримано. Значительно зростає показник жорсткості паренхіми ПЗ в разі розвитку гострого панкреатиту — від 1,48 до 4,95 м/с при середній величині ($3,28 \pm 0,85$) м/с (функція ARFI) [11, 27]. Э.И. Гальперин з соавт. провели дослідження еластичності (жорсткості) паренхіми ПЗ з використанням ультразвукового сканера Aixplorer (фірма Supersonic Imaging, Франція) з функцією SWEI у хворих, страждаючих ХП, і отримали наступні дані: в контрольній групі показник не

перевищував 5,8 кПа, в групі хворих жорсткість паренхіми ПЗ становила від ($10,9 \pm 2,0$) кПа до ($16,5 \pm 5,8$) кПа в залежності від тяжкості захворювання [28].

Таким чином, еластометрія є швидко розвиваючимся методом діагностики і дозволяє виявляти і диференціювати фокальні образи різного походження, а також стадіювати фіброзну трансформацію печінки, про що свідчать багато дослідницьких робіт. Поява апаратів нового покоління з функцією ARFI (VTQ) і SWEI дозволила ученим почати транзитне дослідження жорсткості паренхіми ПЗ. Однак даних робіт поки недостатньо, а суперечливість отриманих висновків свідчить про необхідності стандартизації техніки виконання дослідження і його результатів при різних захворюваннях.

В зв'язі з вищезазначеним ми сформулювали **цель роботи**: оцінити діагностичну ефективність транзитної еластографії на основі сдвигової хвилі SWEI при хронічному панкреатиті.

Матеріали і методи

Дослідження проведено на апараті UltimaPA-Expert® («Радмир», Україна). Впочатку дослідження проводили в В-режимі, визначали розміри, структуру, ехогенність ПЗ, характер її контурів, стан вивідного протока і оточуючих тканин. Далі в положенні лежачи на спині, при спокійному диханні, без компресії датчиком проводили еластометрію. Конвексний датчик встановлювали в положення найкращої візуалізації залози в В-режимі. Після включення функції еластометрії намагалися отримати повторювані величини жорсткості і виробляли по 5 замірів в кожному відділі залози з визначенням середньої величини. Колірний шкала SWEI налаштувалася в діапазоні від 40 до 60 кПа, діаметр Q-box 2–5 мм.

Як прийнято всіма трьома фірмами-виробниками апаратури з опцією SWEI, голубий колір відповідає м'якій, еластичній тканині (малої швидкості пробігу сдвигової хвилі), а червоний — жорсткій тканині (великої швидкості сдвигової хвилі).

У погано підготовлених хворих, з вираженим метеоризмом не вдалося отримати стійких, повторюваних даних жорсткості при нормальному диханні і показателі дефляції. Крім того, газ кишечника сприяв збільшенню досліджуваного показника. Значительні труднощі в проведенні дослідження і отриманні достовірних даних викликали дихальні рухи, а також пульсація великих судин. В досліджувану групу увійшли 32 хворих з встановленим діагнозом ХП, в т.ч. ускладненого. В якості контролю обстежено 15 практично здорових осіб в віці 22–30 років, не малих гастроентерологічної патології.

Результати дослідження

В результаті проведених досліджень отримані дані, представлені в табл. 1. У осіб контрольної групи не було виявлено жодних сонографічних ознак захворювання ПЗ, печінки, жовчовивідної

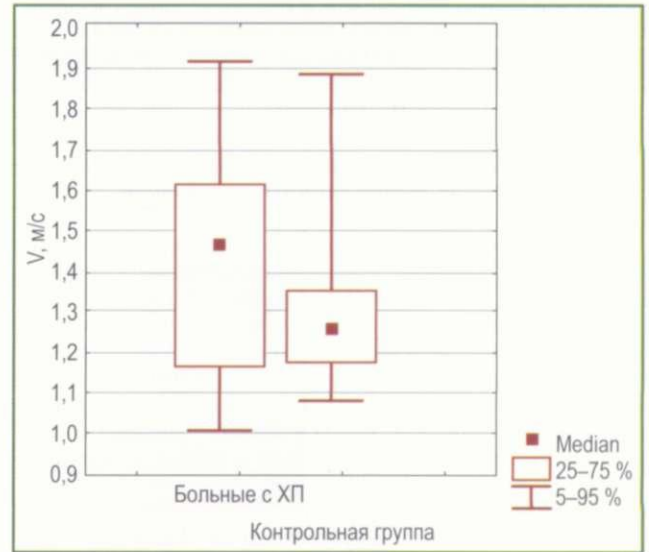
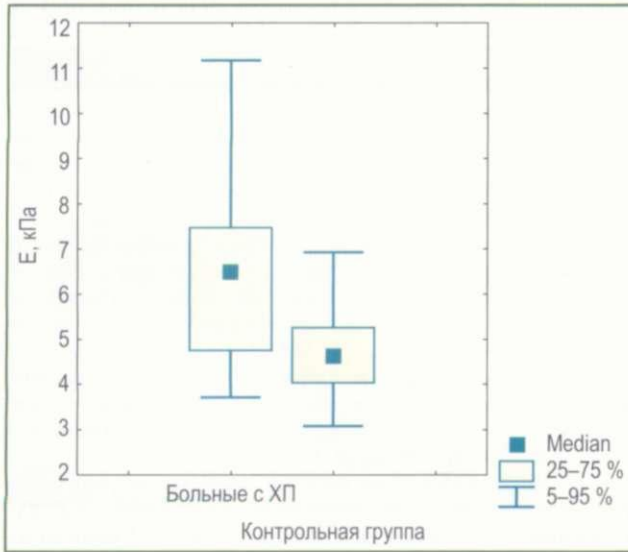


Рисунок 4 — Распределение показателя жесткости паренхимы ПЖ в норме и при ХП



Рисунок 5 — Определение жесткости ПЖ в контроле



Рисунок 6 — Определение жесткости ПЖ при ХП

Список литературы

1. Зыкин Б.И. Эластография: анатомия метода / Б.И. Зыкин, Н.А. Постнова, М.Е. Медведев // Промежева діагностика, променева терапія. — 2012. — № 2–3. — С. 107–113.
2. Real Time tissue elastography as a tool for the noninvasive assessment of liver in patients with chronic hepatitis C / H. Morikawa [et al.] // J. Gastroenterol. — 2011. — № 46(3). — P. 106.
3. Modern potentials of elastometry, fibro-and acti-test in diagnostics of liver fibrosis / S.Ch. Pavlov, D.V. Glushenkov, V.T. Ivashkin // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. — 2008. — № 4. — Т. XVIII. — С. 43–52.
4. Дынник О.Б. Сдвиговая эластография и эластометрия паренхимы печени: Метод. аспекты / О.Б. Дынник, А.В. Линская, Н.Н. Кобыляк // Промежева діагностика, променева терапія. — 2014. — С. 73–82.
5. Эластография — новый метод поиска рака различных локализаций / А.В. Зубарев, В.Е. Гаженкова, Е.Н. Хохлова [и др.] // Радиология — практика. — 2008. — № 6. — С. 48–51.
6. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues / J. Ophir, I. Céspedes, H. Ponnekanti [et al.] // Ultrasonic Imaging. — 1991. — № 13. — С. 111–134.
7. Физические основы эластографии. Часть I. Компрессионная эластография (лекция) / О.В. Руденко, Д.В. Сафонов, П.И. Рыжик [и др.]. — Режим доступа: <http://www.radp.ru/db/20143/41-50.pdf>.
8. Самарин А.Г. Применение эластографии сдвиговой волной в комплексной диагностике хронического панкреатита / А.Г. Самарин, А.Б. Бабочкин // Промежева діагностика, променева терапія. — 2013. — № 3–4. — С. 43–53.

9. Real-time quasi-static ultrasound elastography / G. Treece, J. Lindop, L. Chen [et al.]. — Режим доступа: <http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/1/4/540>.
10. Standard value of ultrasound elastography using acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) in healthy liver tissue of children and adolescents / J. Eiler, U. Kleinholdermann, D. Albers [et al.] // Ultraschall. Med. — 2012. — V. 33, № 5. — P. 474–479.
11. Evaluation of Ultrasound Based Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) and eSie touch Sonoelastography for Diagnosis of Inflammatory Pancreatic Diseases / A. Mateen, K.A. Muheet, R.J. Mohan [et al.] // Asian Institute of Gastroenterology. — 2012, Jan. 10. — 13(1). — P. 36–44.
12. Перегудов И.В. Возможности ультразвуковой эластографии и морфологического исследования сыворотки крови в диагностике и прогнозе клинического течения стеатогепатита смешанной природы: Автореф. дис... канд. мед. наук / И.В. Перегудов. — Смоленск, 2010. — 26 с.
13. Митьков В.В. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике рака предстательной железы / В.В. Митьков, А.К. Васильева, М.Д. Митькова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — М.: Видар, 1995. — 2012. — № 3. — С. 13–20.
14. Диомидова В.Н. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзентной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени / В.Н. Диомидова, О.В. Петрова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2013. — № 5. — С. 17.
15. Feasibility study and control values of transient elastography in healthy children / G. Engelmann, C. Gebhardt, D. Wenning [et al.] // Eur. J. Pediatr. — 2012. — V. 171, № 2. — P. 353–360.

16. Indications and limitations of endoscopic ultrasound elastography for evaluation of local pancreatic lesions / T.O. Hirche, A. Ignee, A.P. Barreiros [et al.] // *Endoscopy*. — 2008. — V. 40, № 11. — P. 910-917.

17. Кориченский А.Н. Методические аспекты применения эластографии сдвиговой волны при исследовании щитовидной железы [Матеріали конференцій та з'їздів] / А.Н. Кориченский // Украинский портал ультразвуковой диагностики. — Судак, 2013. — Режим доступа: <http://ultrasound.net.ua>.

18. Петрова О.В. Роль эластографии сдвиговой волны в диагностике диффузных заболеваний печени и поджелудочной железы / О.В. Петрова, В.Н. Диомидова / Внутренние болезни — современные технологии диагностики, лечения и реабилитации: Сборник трудов. — Чебоксары, 2012. — С. 159-162.

19. Возможности эндоскопической ультрасонографии в диагностике болезней поджелудочной железы / Ю.М. Паницырев, С.Ю. Орлов, Е.Д. Федоров [и др.] // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. — 1999. — Т. 8, № 3. — С. 6-14.

20. Морозова Т.Г. Компрессионная эластография при эндосонаграфии в ранней дифференциальной диагностике очаговых образований поджелудочной железы / Т.Г. Морозова, А.В. Борсуков // Практическая медицина. — 2014. — № 3. — Режим доступа: <http://pmarchive.ru/kompressionnaya-elastografiya-pri-endosonografii-v-rannej-differencialnoj-diagnostike-ochagovykh-obrazovanij-podzheludochnoj-zhelezy>.

21. Standard imaging techniques of endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration using a curved liner array echoendoscope / K. Yamao, A. Irisawa, H. Inoue [et al.] // *Digest. Endosc.* — 2007. — Vol. 19 (suppl. 1). — P. 180-205.

22. Evaluation of Ultrasound Based Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) and eSie touch Sonoelastography for Diagnosis

of Inflammatory Pancreatic Diseases / A. Mateen, K.A. Muheet, R.J. Mohan [et al.] // *Asian Institute of Gastroenterology*. — 2012, Jan. 10. — 13(1). — P. 36-44.

23. Роль эластографии сдвиговой волны в диагностике диффузных заболеваний печени и поджелудочной железы / Петрова О.В., Диомидова В.Н. // Сборник трудов научно-образовательной конференции «Внутренние болезни — современные технологии диагностики, лечения и реабилитации». — Чебоксары, 2012. — С. 159-162.

24. Возможности эндоскопической ультрасонографии в диагностике болезней поджелудочной железы / Паницырев Ю.М., Орлов С.Ю., Федоров Е.Д. [и др.] // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. — 1999. — Т. 8, № 3. — С. 6-14.

25. Standard imaging techniques of endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration using a curved liner array echoendoscope / Yamao K., Irisawa A., Inoue H. [et al.] // *Digest. Endosc.* — 2007. — Vol. 19 (suppl. 1). — P. 180-205.

26. Возможности применения ARFI-эластографии для оценки жесткости поджелудочной железы у детей / Е.В. Феофанова, М.И. Пыков, А.А. Амосова [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2014. — № 1. — С. 54.

27. Indications and limitations of endoscopic ultrasound elastography for evaluation of local pancreatic lesions / Hirche T.O., Ignee A., Barreiros A.P. [et al.] // *Endoscopy*. — 2008. — V. 40. — № 11. — P. 910-917.

28. О возможностях метода ультразвуковой эластометрии для диагностики хронического панкреатита / Гальперин Э.И., Дюжева Т.Г., Семенко И.А. [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2015. — № 2. — С. 19-26.

Получено 14.06.15

Степанов Ю.М., Гравіровська Н.Г.

ДУ «Інститут гастроентерології НАМН України», м. Дніпропетровськ

ПЕРШІ ПІДСУМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗСУВНОХВИЛЬОВОЇ ТРАНЗИТОРНОЇ ЕЛАСТОМЕТРІЇ У ВИЗНАЧЕННІ ЖОРСТКОСТІ ПАРЕНХІМИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Резюме. Еластометрія є методом діагностики, що швидко розвивається та дозволяє виявляти і диференціювати вогнищеві утворення різного походження, а також стадіювати фіброзну трансформацію печінки, про що свідчить безліч дослідницьких робіт. Метод міцно увійшов у практику гастроентерології. Поява апаратів нового покоління з функцією ARFI (VTQ) і SWEI дозволила науковцям почати транзитне дослідження жорсткості паренхіми підшлункової залози. Однак цих робіт поки небагато, існує необхідність стандартизації техніки виконання дослідження та його результатів при різних захворюваннях. Апарат UltimaPAExpert® («Радмір», Україна) з функцією SWEI дозволяє при застосуванні певних технічних прийомів провести транзи-

торну еластометрію (еластографію) підшлункової залози з метою визначення жорсткості її паренхіми в нормі та при дифузній патології. Показники жорсткості, що отримують на апараті Ultima PA Expert® («Радмір», Україна), представлені в кПа і одночасно в м/с, що робить ці дані зіставними з показниками, отриманими іншими дослідниками на апаратах, які мають тільки одну вимірювальну функцію. У практично здорових осіб отриманий показник жорсткості паренхіми підшлункової залози становить $(4,86 \pm 0,05)$ кПа, $(1,33 \pm 0,05)$ м/с. При хронічному панкреатиті цей показник дорівнює $(6,48 \pm 0,80)$ кПа, $(1,52 \pm 0,17)$ м/с. Отримані дані дозволяють визначати тактику лікування, а також його ефективність, спираючись на показники жорсткості.

Stepanov Yu.M., Hravirovska N.H.

State Institution «Institute of Gastroenterology of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Dnipropetrovsk, Ukraine

THE FIRST RESULTS OF THE APPLICATION OF SHEAR WAVE TRANSIENT ELASTOGRAPHY WHEN DETERMINING THE STATE OF PANCREATIC PARENCHYMA (Review of Literature and Own Researches)

Summary. Elastography is a rapidly developing diagnostic method and enables to identify and to differentiate focal masses of different origin, as well as the stage of fibrous transformation of the liver, as evidenced by many research works. The method is firmly established in the practice of gastroenterology. The appearance of a new generation devices with the function of ARFI (VTQ) and SWEI has allowed scientists to begin a transient study of the stiffness of pancreatic parenchyma. However, there is small quantity of these works, it is necessary to standardize the technique of execution of the research and its results in various diseases. The apparatus Ultima PA Expert® (Radmir, Ukraine) with the function of SWEI enables to conduct transient elastography of the pancreas,

when using certain technical methods, in order to determine the stiffness of the parenchyma in normal and in diffuse pathology. The values of the stiffness obtained with the apparatus Ultima PA Expert® (Radmir, Ukraine) presented in kPa and at the same time in m/s, making these data comparable with those obtained by other researchers on the devices having only one measurement function. In apparently healthy individuals, we have received the parameter of the stiffness of pancreatic parenchyma of (4.86 ± 0.05) kPa, (1.33 ± 0.05) m/s. In chronic pancreatitis, this measure is (6.48 ± 0.80) kPa, (1.52 ± 0.17) m/s. The findings make it possible to determine the therapeutic approach, as well as its effectiveness, based on the indicators of stiffness.